

海底勾配の違いによる傾斜護岸への越波に関する検討

東北工業大学 学生員○日下 知也

東北工業大学 正員 菅原 景一・高橋 敏彦

1. はじめに

著者らはこれまで越波量に関して不規則波による堤体勾配の違いや消波構造物設置の有無について数値計算を行い検討報告してきた。海岸保全施設築造基準解説<sup>1)</sup>によると越波量に関する海底勾配の影響は、堤防設置個所の海底勾配が急なほど越波量は増大すると記述されているのみで海底勾配の違いによる影響の割合についてはほとんど検討されていない。そこで本研究は、数値波動水路(CADMAS-SURF)<sup>2~3)</sup>を用いて、海底勾配の違いによる傾斜護岸への越波量等の比較検討を行うことを目的とした。

2. 計算条件および計算方法

基本方程式には、2次元非圧縮粘性流体を対象とした連続式および Navier-Stokes 方程式をポーラスモデルに基づいて拡張した式を用いた。なお、紙面の制約上式の記述は割愛する。計算水路は越波升を除いた長さ19.64m、高さ0.9mの計算造波水路を使用した。水路の一端には減衰帯、造波装置、他端には海底勾配を作成し、その上に傾斜護岸を作成した。海底勾配は1/10、1/20、1/30 勾配、堤体勾配は1/0.5、1/3 勾配を用いている。天端高0.45mの背後に越波升を設置した。越波升は水塊が逆流しないように十分な広さを設けた。計算条件は堤脚水深  $h_i=0.050\sim 0.100\text{m}$ 、一様部水深  $h=0.350\sim 0.400\text{m}$ 、有義波波高  $H_{1/3}\cong 0.0900\text{m}$ 、有義波周期  $T_{1/3}\cong 1.40\text{s}$  とした。越波量、越波率は、堤脚水深・換算沖波波高比  $h_i/H_o'\cong 0.50\sim 1.00$  を zero-up-cross で整理した11~110波目の100波で計測を行った。今回は紙面の関係上、堤体勾配1/3の結果を用いて説明する。今回の計算の差分スキームは、DONOR-0.2、格子間隔は $\Delta X:\Delta Z$ を2:1で各2cmと1cmに固定し、造波モデルは造波ソースとした。表-1に検討ケースを示す。図-1に計算断面水路を示し、図-2には海底勾配と傾斜護岸の概略図を示す。

3. 実験結果および考察

(1)通過波の検討

表-1に示すように検討有義波として  $H_{1/3}\cong 0.0900\text{m}$ 、 $T_{1/3}\cong 1.40\text{s}$  である。この有義波は各海底勾配法先地点での検討有義波として、造波位置での入力有義波と各海底勾配法先での目標有義波は異なるため検討した。図-3は検討ケース CASE10 での  $h_i/H_o'\cong 0.50$  における造波位置での有義波波高  $H_{1/3}$ 、有義波周期  $T_{1/3}$  に対して、海底勾配法先位置での計算結果の有義波周期及び有義波高を示した一例である。入力有義波 ( $H_{1/3}\cong 0.1000\sim 0.1050\text{m}$ 、 $T_{1/3}\cong 1.26\sim 1.35\text{s}$ ) とした結果、図-3のように分布した。今回の例は約

表-1 検討ケース

	海底勾配	堤体勾配	$h_i(\text{m})$	$h_c(\text{m})$	$h_i/H_o'$	$T_{1/3}(\text{s})$	$H_{1/3}(\text{m})$
CASE1,2,3	1/10	1/0.5	0.050	0.100	0.50	1.40	0.0900
CASE4,5,6			0.075	0.075	0.75		
CASE7,8,9			0.100	0.050	1.00		
CASE10,11,12	1/30	1/3	0.050	0.100	0.50		
CASE13,14,15			0.075	0.075	0.75		
CASE16,17,18			0.100	0.050	1.00		

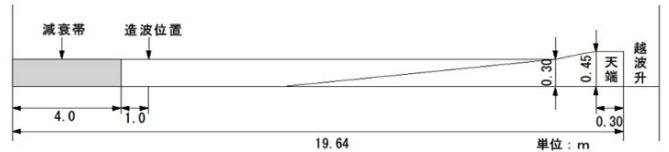


図-1 計算断面水路

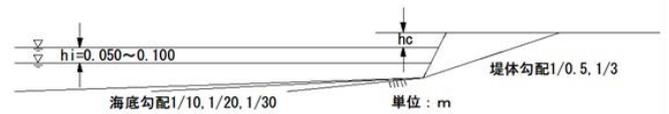


図-2 海底勾配と傾斜護岸の概略図

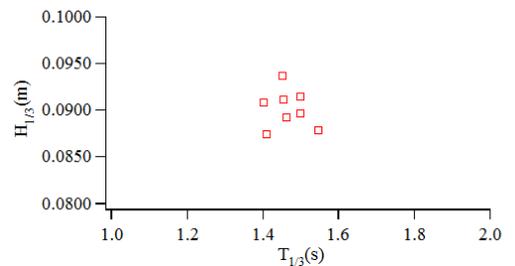


図-3 CASE10の検討ケースの有義波の確定 (海底勾配法先位置)

10 ケースの計算結果より検討有義波 ( $H_{1/3} \doteq 0.0900\text{m}$ 、 $T_{1/3} \doteq 1.40\text{s}$ ) を決定している。

**(2)累計越波量の比較**

図-4 は、堤体勾配 1/3、 $h_i=0.100\text{m}$  の CASE16、17、18 の海底勾配の違いによる越波量の違いを表したものである。11～110 波が作用した時間での累計越波量を示している。横軸に起波後の経過時間 (s)、縦軸に越波升の累計越波量  $Q(\text{m}^3/\text{m})$  を示した。全体的に海底勾配が急な 1/10、1/20、1/30 の順に累計越波量が多くなっている。

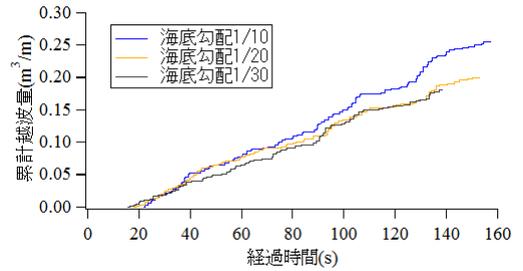


図-4 累計越波量の比較

**(3)越波率  $r_o$  の比較**

図-5 は、CASE10～18 の越波率  $r_o$  と堤脚水深・換算沖波波高  $h_i/H_o'$  の関係を表したもので、海底勾配の違いによる越波率  $r_o$  の違いを表したものである。越波の定義は越波升に少しでも越流した場合とした。 $h_i/H_o'=0.50$  では海底勾配 1/20、1/30 の場合ほとんど越波せず、海底勾配 1/10 と海底勾配 1/20、1/30 で越波率の差が出ている。 $h_i/H_o'=0.75$  では海底勾配による越波率の差がよく見られ、海底勾配が急なほど越波率は大きくなった。 $h_i/H_o'=1.00$  では海底勾配による越波率の差はあまり見られない。

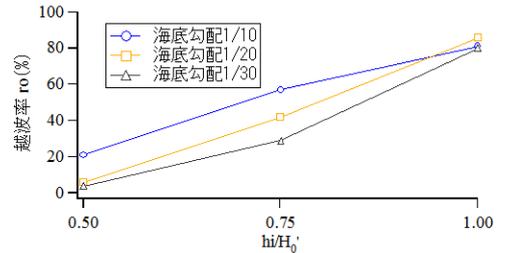


図-5 越波率の比較

**(4)無次元越波流量  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  と実験値の比較**

図-6 は、CASE10、13、16 の  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  と  $h_i/H_o'$  の関係について斎藤らの実験値<sup>4)</sup>と本計算値の比較を図示したものである。実験値の条件は有義波周期  $T_{1/3} \doteq 1.26\text{s}$ 、有義波波高  $H_{1/3} \doteq 0.0915\text{m}$ 、 $H_o'/L_0 \doteq 0.04$  である。本研究での条件は有義波周期  $T_{1/3} \doteq 1.40\text{s}$ 、有義波波高  $H_{1/3} \doteq 0.0900\text{m}$ 、 $H_o'/L_0 \doteq 0.03$  である。実験値の  $H_o'/L_0$  が幾分大きい分、数値計算値より無次元越波量が幾分多くなっているようだが同じような傾向を示している。

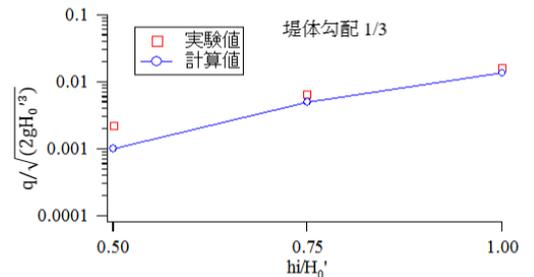


図-6 無次元越波量の実験値との比較

**(5)無次元越波流量  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  の比較**

図-7 は、CASE10～18 の  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  と  $h_i/H_o'$  の関係について海底勾配 1/10、1/20、1/30 をパラメータとして図示したものである。 $h_i/H_o'=0.50, 0.75$  では海底勾配が急なほど無次元越波量が大きくなっている。 $h_i/H_o'=1.00$  では海底勾配に関わりなくほぼ一致する結果となった。これは  $h_i/H_o'$  が 1.00 になると海底勾配の影響に関わりなく無次元越波量はほぼ同程度になる。しかし  $h_i/H_o' < 1.00$  では海底勾配が急な程越波量が多くなり  $h_i/H_o'=0.50$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.43、約 0.32 程度の値、 $h_i/H_o'=0.75$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.66、約 0.38 程度の値となった。

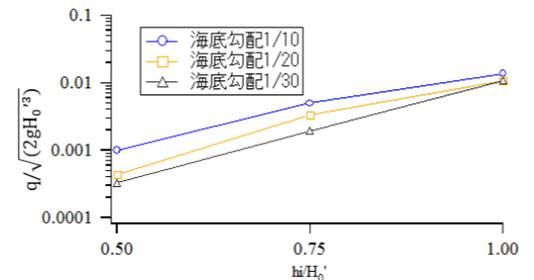


図-7 無次元越波量の比較

**4.おわりに**

不規則波による海底勾配の影響を傾斜護岸への越波に関して数値計算を行い、海底勾配の違いによる越波量等の比較検討を行った。その結果、 $h_i/H_o'=0.50$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.43、約 0.32 程度の値、 $h_i/H_o'=0.75$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.66、約 0.38 程度の値となり、本実験範囲では堤脚水深が小さいほど海底勾配の影響が現れる結果となった。

**<参考文献>**

- 1) 海岸保全施設築造基準連絡協議会編：改訂 海岸保全施設築造基準解説，pp75，1987。
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター：CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発，沿岸開発技術ライブラリーNO.12，2001。
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター：CADMAS-SURF 実務計算事例集，沿岸開発技術ライブラリーNO.30，2009。
- 4) 齋藤和哉、高橋敏彦：直立及び傾斜護岸への越波に関する検討，平成 21 年度土木学会東北支部概要，II-85，2014。